第 4 講　突然変異

(A)　DNA に突然変異を誘発する化学物質 Q をショウジョウバエに与えたのち，その子孫に現れる表現型や, その表現型の原因となる遺伝子を以下のように解析した。まず, 雄のショウジョウバエ成虫に化学物質 Q を与えた後, 野生型の雌と交配させて多数の子（第一世代）を得た。これら第一世代それぞれを野生型と交配させ，次世代（第二世代）を得た。さらに，親が同じである第二世代どうしを交配させ，その次の世代（第三世代）を得た。各世代のショウジョウバエ個体を，羽に注目して解析したところ，第一世代で羽の一部が欠けていた個体が見つかった。一方，第一世代，第二世代では正常な羽であったが，第三世代で羽のサイズが極端に大きくなる個体が出現する系統が見つかった。

問１　化学物質 Q を与えた個体ではなく，その子孫に羽の異常の表現型が現れたのはなぜか。「体細胞」「生殖細胞」という言葉を用いて，解答欄の枠の範囲内で記せ。

問２　いずれの系統でも第二世代で初めて表現型が現れることはなかった。表現型が初めて現れる世代が第一世代か第三世代かに別れた理由を，解答欄の枠の範囲内で記せ。

問３　化学物質Ｑは，DNA を構成する塩基の１つであるグアニンに結合してその性質を変化させる。化学物質Ｑが結合したグアニンは，シトシンではなくチミンと塩基対を形成する。羽のサイズが極端に大きくなった個体の DNA を解析した結果，遺伝子 Y 上の１つの塩基が変化する突然変異が起こり，遺伝子 Y から作られるタンパク質の後半部分が欠損し，機能がなくなっていた。この突然変異はどのアミノ酸をコードする配列上に起きていたと考えられるか。**表１**の遺伝暗号表を参考にしながら，可能性のあるアミノ酸のうち１つを選び，その理由を解答欄の枠の範囲内で記せ。ただし，突然変異は全ゲノム中に１カ所だけ起こったものとする。

表１

	コドンの２番目の塩基								
	U		C		A		G		
コドンの1番目の塩基									コドンの3番目の塩基
U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止	UGA	終止	A
	UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン	G
C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	A
	AUG	メチオニン	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

(B)　同種内の同一遺伝子座でも DNA 塩基配列がわずかに異なる部分があり，これを利用すれば，それぞれの個体がもつ対立遺伝子の組み合わせ（遺伝子型）を知ることができる。また，このような遺伝子をマーカー遺伝子として利用することで，相同染色体間の乗換えについて調べることができる。

図１は，黄色マウスの第２番染色体上のマーカー遺伝子の位置と遺伝子型を示す模式図である。各対立遺伝子間の距離は正確な組換え価を反映していないが，動原体（灰色および黒色の丸）に近い側から A，B，C，D の順にマーカー遺伝子が並んでいる。また，突然変異した *Y* 遺伝子は A1，B1，C1，D1 対立遺伝子が乗っている染色体に存在する。

この黄色マウスと，灰色マウス（動原体側から A2，B2，C2，D2 の順に対立遺伝子が並んだ第２番染色体のホモ接合体）との交配で 200 匹の産子が得られた。**表２**は，それぞれの遺伝子型と表現型を示すマウスの匹数を表している。

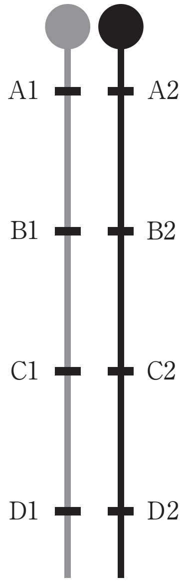


図１

表２

遺伝子型	マーカー A	A2/A2	A2/A2	A2/A2	A2/A2	A1/A2	A1/A2	A1/A2	A1/A2
	マーカー B	B2/B2	B2/B2	B2/B2	B1/B2	B1/B2	B1/B2	B1/B2	B2/B2
	マーカー C	C2/C2	C2/C2	C1/C2	C1/C2	C1/C2	C2/C2	C2/C2	C2/C2
	マーカー D	D2/D2	D1/D2	D1/D2	D1/D2	D1/D2	D2/D2	D2/D2	D2/D2
表現型		灰色	灰色	黄色	黄色	黄色	黄色	灰色	灰色
匹　数		90	2	2	3	96	2	4	1

問４　**表２**のデータをもとに，マーカー遺伝子間（A−B 間，B−C 間，C−D 間）の組換え価を百分率（％）で記せ。ただし，隣接するマーカー遺伝子間で二重乗換えはないものとする。また，有効数字は２けたとする。

問５　問４の結果を用いて，マウス第２番染色体の染色体地図を作成し，突然変異した Y 遺伝子の染色体地図上の位置を次図に記せ。各マーカー遺伝子間の距離および Y 遺伝子とマーカー遺伝子間の距離は，組換え価で表すこと。ただし，有効数字は２けたとする。

(C)　突然変異には，染色体の構造や数に変化が生じた①染色体突然変異と，DNA の塩基配列に変化が生じた遺伝子突然変異がある。いま，第 2 番染色体上のマーカー遺伝子 A から C までのゲノム領域が逆位になった染色体をヘテロにもつマウスがいたとする。**図２**は，このマウスの染色体上の対立遺伝子の位置関係を表している。このような逆位の染色体をヘテロにもつ個体では，減数分裂時に相同染色体が**図３**のように対合する。このとき，マーカー遺伝子 B とマーカー遺伝子 C の間で単一乗換えが生じると，4 種類の染色体が得られる。このうち，動原体を 1 つもつ染色体は 2 種類あり，(動原体)－(A1)－(B1)－(C1)－(D1)，(動原体)－(C2)－(B2)－(A2)－(D2) と表すことができる。残りの 2 種類の染色体のうち，動原体を 2 つもつ染色体は，(動原体)－(A1)－(ア)－(イ)－(動原体) と表される。また，動原体をもたない染色体は，(D1)－(ウ)－(エ)－(オ)－(カ) と表される。

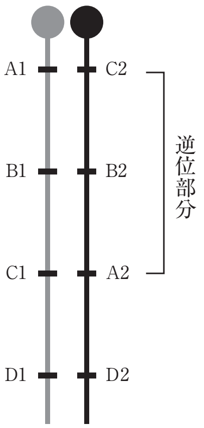


図２

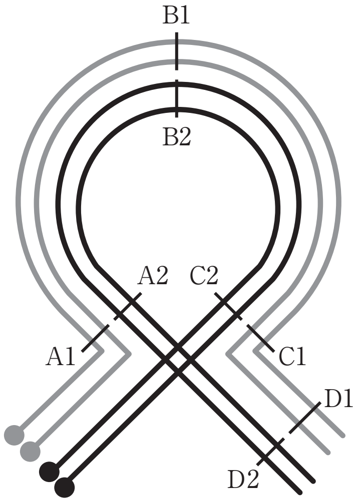


図３

問６　下線部①について，逆位の他に染色体の構造変化を伴う染色体突然変異を 3 つ記せ。

問７　文中の ア ～ カ に当てはまる適切な対立遺伝子名を記せ。

問８　**図２**に示す第２番染色体をもつマウスと灰色マウス（動原体側から A2，B2，C2，D2 の順に対立遺伝子が並んだ第２番染色体のホモ接合体）を交配したところ，マーカー遺伝子 C とマーカー遺伝子 D との間で組換えを生じた産子が得られた。しかし，逆位部分のマーカー遺伝子（A，B，C）の間で組換えが生じた産子を得ることはできなかった。その理由を，「動原体」と「乗換え」の２語を用いて解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

第４講

(A)

問１　化学物質Ｑを与えた個体の体細胞の一部に突然変異が生じても，個体の表現型までは変化しない。生殖細胞に突然変異が生じた場合は，それを受け継いだ子孫の全身の体細胞が変異遺伝子を持つことになるため，表現型の変化として顕在化する。

問２　優性の突然変異が生じた系統では，生殖細胞を介してその変異を受け継いだ第一世代で表現型に現れるのに対して，劣性の突然変異が生じた系統では，変異を受け継いだ第二世代同士でかけあわせた第三世代ではじめて表現型に現れる。

問３　（アミノ酸）トリプトファン

化学物質ＱがあるとDNAの G－C 塩基対が A－T 塩基対に変化する突然変異が起こる。その結果，トリプトファンを指定するコドンの UGG が終止コドンである UAG または UGA に変化したと考えられる。

別解　（アミノ酸，コドン，終止コドンの順に，次のように置き換えたもの）

グルタミン，CAA，UAA

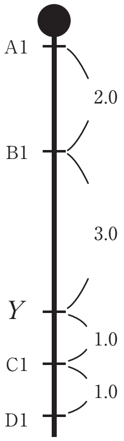
グルタミン，CAG，UAG

アルギニン，CGA，UGA

(B)

問４　A－B 間　2.0%　　B－C 間　4.0%　　C－D 間　1.0%

問５



(C)

問６　欠失，重複，転座

問７　**ア**　B1　**イ**　C2　**ウ**　C1　**エ**　B2　**オ**　A2　**カ**　D2

問８　動原体は染色体分配において重要なはたらきを担っており，逆位部分で乗換えが起きて生じた２つの動原体をもつ染色体と動原体を１つももたない染色体では，減数分裂が正常に進行できない。そのため，そのような染色体を受け継いだ配偶子は形成されず，結果として，そのような染色体を受け継いだ産子も生じない。